

ANALISIS PASANG SURUT DENGAN KAEDAH HARMONIK
MENGUNAKAN PELARASAN KUASA DUA TERKECIL

HERY PURWANTO

Tesis ini dikemukakan
sebagai memenuhi syarat penganugerahan
ijazah Sarjana Sains (Hidrografi)

Fakulti Kejuruteraan dan Sains Geoinformasi
Universiti Teknologi Malaysia

OGOS 2005

DEDIKASI

Teristimewa buat,
Ayahanda dan Bonda di Malang dan Mataram,
Isteriku tercinta, Rini Pudjiastutik
Puteri tersayang, Andini Risma Larasati
Keluarga di Malang dan Mataram
Amanah mu adalah Perjuangan ku,
Kejayaan adalah rahmat dan berkah daripada Mu, ya Allah
Semoga menambah kearifan dan kerendahan hati ku

PENGHARGAAN

Penulis mengucapkan jutaan terima kasih yang tidak terhingga buat penyelia tesis ini iaitu Prof. Madya Dr. Mohd Razali Mahmud yang telah memberikan kesempatan bagi menimba ilmu di Universiti Teknologi Malaysia. Selain daripada itu bimbingan, teguran dan dorongan beliau amatlah dihargai.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada beberapa pihak yang telah menyumbangkan data yang terkandung dalam kajian ini terutamanya, Jabatan Ukur dan Pemetaan Malaysis (JUPEM), dan Tentera Laut Diraja Malaysia (TLDM) khasnya seksyen Geodesi. Selain daripada itu, ucapan terima kasih juga ditujukan kepada semua pihak yang telah membantu bagi meyempurnakan tesis ini.

Penulis juga ingin mengucapkan ribuan terima kasih kepada rakan-rakan seperjuangan yang telah banyak memberikan bantuan dan sokongan dalam kajian ini iaitu En. Othman Mohd Yusof, En. Che Senu Salleh, Lt. Kdr. Najhan Md. Said, En. Rozaimi Che Hasan, Lt. Kamaruddin Yusoff, En. Muhammad Ariff Abdul Jalil, Puan Nazirah Md. Tarmizi, En. Tengku Afrizal Tengku Ali, En. Chai Beng Chung, Cik Cham Tau Chia, En. Wan Amirul Amin Wan Ahmad, Puan Noorzalianee Ghazali, En. Tan Tai Hung serta kakitangan makmal iaitu En. Ghazalli Khalid dan En. Bustami Berahim@Ibrahim. Terima kasih juga kepada semua individu yang terlibat dalam kajian ini sama ada secara langsung atau tidak. Hanya Tuhan sahaja yang dapat membalas jasa anda semua.

ABSTRAK

Kejadian pasang surut merupakan fenomena yang sangat menarik dan menyimpan pelbagai ilmu pengetahuan yang memerlukan kajian yang berterusan. Sesuai dengan kedudukan Semenanjung Malaysia yang dikelilingi oleh laut, kajian tentang pasang surut amat penting terutamanya dalam penentuan ramalan pasang surut, aras purata laut dan datum carta. Komponen ini dapat diperolehi melalui perhitungan analisis pasang surut. Antara cabaran utama dalam analisis pasang surut ialah apabila melibatkan jumlah data 18.6 tahun dan operasi matriks berdimensi besar. Namun demikian, kajian ini telah berjaya membangunkan suatu perisian iaitu *UTM-Tidal Analysis and Prediction Software (μ -TAPS)* yang mampu melakukan pemprosesan data secara automasi. Konsep perisian ini berasaskan kepada kaedah harmonik menggunakan pelarasan kuasa dua terkecil. Bagi melihat keupayaan μ -TAPS, hasil perhitungan analisis dan ramalan pasang surut telah dibandingkan dengan Jadual Ramalan Pasang Surut yang diterbitkan oleh Tentera Laut Diraja Malaysia (TLDM) dan Jabatan Ukur dan Pemetaan Malaysia (JUPEM) terhadap data daripada empat stesen cerapan pasang surut bagi tempoh minima lima tahun. Hasil perbandingan nilai datum carta menggunakan aras *Indian Spring Low Water (ISLW)* menunjukkan perbezaan nilai 0.011 meter sehingga 0.089 meter dan -0.054 meter sehingga 0.067 meter pula sekiranya menggunakan aras *Lowest Astronomical Tide (LAT)*. Peratusan perbezaan ramalan pasang surut oleh μ -TAPS yang kurang daripada dua sigma (2σ) ialah 99.60 peratus sehingga 100 peratus berbanding JUPEM dan 99.87 peratus sehingga 100 peratus berbanding TLDM. Secara keseluruhannya, perisian yang telah dibangunkan dapat dijadikan alternatif bagi analisis dan ramalan pasang surut di Malaysia.

ABSTRACT

Tidal occurrence is an interesting phenomena and stores various knowledge in which requires continuous studies. Due to the position of Peninsular Malaysia that is surrounded by water, the studies on tide is important especially in determining tidal prediction, mean sea level and chart datum. These components can be determined through tidal analysis. Among the main challenges in tidal analysis is the involvement of 18.6 years data and operational of a large matrix solution. Nevertheless, this study has successfully developed a software known as UTM-Tidal Analysis and Prediction Software (μ -TAPS) that can process data automatically. The concept used by this software is based on the harmonic method using least squares estimation. In accessing the capabilities of μ -TAPS, the results of the computational analysis and tidal prediction were compared with the Tide Tables produced by the Department of Survey and Mapping Malaysia (DSMM), and Royal Malaysian Navy (RMN) at four tidal observation stations using a minimum period of five years of data. The results of the comparison on chart datum using Indian Spring Low Water (ISLW) shows a difference of 0.011 metres to 0.089 metres whilst a comparison on chart datum using Lowest Astronomical Tide (LAT) shows a difference of -0.054 metres to 0.067 metres. The percentage of difference on tidal prediction based on μ -TAPS that is less than two sigma (2σ) compared to DSMM is 99.60 percent to 100 percent. Similarly, a comparison with RMN shows the percentage is 99.87 percent to 100 percent. In conclusion, the software developed can be an alternative for tidal analysis and prediction in Malaysia

KANDUNGAN

BAB	PERKARA	MUKA SURAT
	JUDUL	i
	PENGAKUAN	ii
	DEDIKASI	iii
	PENGHARGAAN	iv
	ABSTRAK	v
	ABSTRACT	vi
	KANDUNGAN	vii
	SENARAI JADUAL	xvii
	SENARAI RAJAH	xx
	SENARAI SIMBOL	xxvi
	SENARAI SINGKATAN	xxviii
	SENARAI ISTILAH	xxx
	SENARAI LAMPIRAN	xxxii
1	Pengenalan	1
	1.1 Latar Belakang	1
	1.2 Pernyataan Masalah	3
	1.3 Objektif Kajian	6
	1.4 Skop Kajian	6
	1.5 Kepentingan Kajian	7
	1.6 Metodologi Kajian	8
	1.6.1 Kajian Literatur	9

	1.6.2	Pemahaman Kaedah dan Formula	9
	1.6.3	Pembangunan Pengaturcaraan	9
	1.6.4	Pengumpulan Data	10
	1.6.5	Pemprosesan Data	10
	1.6.6	Keputusan dan Analisis	11
	1.6.7	Kesimpulan dan Cadangan	11
	1.7	Kandungan Bab	11
2		FENOMENA PASANG SURUT	14
	2.1	Pendahuluan	14
	2.2	Definisi dan Fenomena Pasang Surut	15
	2.2.1	Definisi Pasang Surut	15
	2.2.2	Fenomena Pasang Surut	15
	2.3	Jenis-Jenis Pasang Surut	17
	2.4	Datum Carta dan Aras-Aras Laut	20
	2.4.1	Datum Carta	20
	2.4.2	Aras-Aras Laut	22
	2.5	Kaedah Analisis Harmonik	25
	2.6	Ramalan Pasang Surut	27
	2.7	Sistem Bumi, Bulan dan Matahari	28
	2.7.1	Pergerakan Bulan	28
	2.7.2	Pergerakan Matahari	31
	2.8	Bulan Siderius dan Bulan Sinodis	33
	2.9	Daya-Daya Pasang Surut	34
	2.10	Daya Jana Pasang Surut	34
	2.11	Perbandingan Daya Jana Akibat Daya Tarik Bulan dan Matahari	44
	2.12	Daya Kesimbangan Pasang Surut	46
	2.13	Kesimpulan	49

3	KAEDAH ANALISIS HARMONIK MENGUNAKAN TEKNIK PELARASAN KUASA DUA TERKECIL	50
3.1	Pendahuluan	50
3.2	Juzuk-Juzuk Pasang Surut	51
3.3	Pemilihan Juzuk-Juzuk Pasang Surut	51
3.3.1	Pemilihan Juzuk-Juzuk Pasang Surut Berdasarkan Halaju Sudut	52
3.3.2	Pemilihan Juzuk-Juzuk Pasang Surut Berdasarkan Period Sinodik	53
3.4	Analisis Harmonik	55
3.4.1	Penyelesaian Persamaan	55
3.4.2	Pembentukan Matriks	58
3.5	Sisihan Piawai Bagi Cerapan Tinggi air	62
3.6	Perambatan Selisih Bagi Amplitud Dan Fasa	63
3.7	Parameter s , h , p , p' dan N	63
3.8	Bilangan Doodson	68
3.9	Perhitungan Pembetulan Amplitud dan Susulan Fasa	69
3.10	Kesimpulan	74
4	DISKRIPSI DATA DAN CERAPAN PASANG SURUT	76
4.1	Pendahuluan	76
4.2	Jenis-Jenis dan Asas Penggunaan Tolok Ukur Pasang Surut	77
4.3	Asas Pemasangan Alat Tolok Ukur Pasang Surut	84
4.4	Rekod Data Tolok Ukur Pasang Surut	85
4.5	Format Data μ -TAPS	88
4.6	Penukaran Data Ke Dalam Format Data μ -TAPS	89
4.7	Kesimpulan	90

5	PEMBANGUNAN PENGATURCARAAN UNTUK ANALISIS DAN RAMALAN PASANG SURUT	91
5.1	Pendahuluan	91
5.2	Asas Pembangunan Pengaturcaraan μ -TAPS	92
5.3	Pembangunan Menu Utama Pengaturcaraan μ -TAPS	93
5.4	Pembangunan Pengaturcaraan Analisis Pasang Surut	95
5.4.1	Pembangunan Menu Analisis Pasang Surut	95
5.4.2	Pembangunan Pengaturcaraan Sub Menu Analisis Pasang Surut	98
5.5	Pembangunan Pengaturcaraan Ramalan Pasang Surut	103
5.5.1	Pembangunan Pengaturcaraan Menu Ramalan Pasang Surut	103
5.5.2	Pembangunan Pengaturcaraan Sub Menu Ramalan Pasang Surut	105
5.6	Pembangunan Pengaturcaraan Penukaran Data	108
5.6.1	Pembangunan Pengaturcaraan Menu Penukaran Data	109
5.6.2	Pembangunan Sub Menu Penukaran Data	110
5.7	Hubungan Antara Menu dan Sub Menu	112
5.8	Kaedah Penggunaan Pengaturcaraan μ -TAPS	113
5.9	Kesimpulan	114
6	KEPUTUSAN DAN ANALISIS	115
6.1	Pendahuluan	115

6.2	Ujian Prestasi Bagi Hasil Analisis dan Ramalan Pasang Surut Oleh μ -TAPS	116
6.2.1	Hasil Analisis Pasang Surut Bagi Data Cerapan di Stesen Pulau Langkawi Menggunakan μ -TAPS	117
6.2.2	Hasil Analisis Pasang Surut Bagi Data Cerapan di Stesen Pelabuhan Klang Menggunakan μ -TAPS	117
6.2.3	Hasil Analisis Pasang Surut Bagi Data Cerapan di Stesen Johor Bahru Menggunakan μ -TAPS	118
6.2.4	Hasil Analisis Pasang Surut Bagi Data Cerapan di Stesen Geting Menggunakan μ -TAPS	118
6.3	Perbandingan Hasil Analisis Pasang Surut	119
6.3.1	Perbandingan Hasil Analisis Pasang Surut Antara μ -TAPS Dengan JUPEM	120
6.3.1.1	Perbandingan Hasil Analisis Pasang Surut Antara μ -TAPS Dengan JUPEM Bagi Stesen Pasang Surut Pulau Langkawi	121
6.3.1.2	Perbandingan Hasil Analisis Pasang Surut Antara μ -TAPS Dengan JUPEM Bagi Stesen Pasang Surut Pelabuhan Klang	122
6.3.1.3	Perbandingan Hasil Analisis Pasang Surut Antara μ -TAPS Dengan JUPEM Bagi Stesen Pasang Surut Johor Bahru	123
6.3.1.4	Perbandingan Hasil Analisis Pasang Surut Antara μ -TAPS Dengan JUPEM Bagi Stesen Geting	124

6.3.2	Perbandingan Hasil Analisis Pasang Surut Antara μ -TAPS Dengan TLDM	125
6.3.2.1	Perbandingan Hasil Analisis Pasang Surut Antara μ -TAPS Dengan TLDM Bagi Stesen Pasang Surut Pulau Langkawi	126
6.3.2.2	Perbandingan Hasil Analisis Pasang Surut Antara μ -TAPS Dengan TLDM Bagi Stesen Pasang Surut Pelabuhan Klang	127
6.3.2.3	Perbandingan Hasil Analisis Pasang Surut Antara μ -TAPS Dengan TLDM Bagi Stesen Pasang Surut Johor Bahru	129
6.3.2.4	Perbandingan Hasil Analisis Pasang Surut Antara μ -TAPS Dengan TLDM Bagi Stesen Pasang Surut Geting	130
6.3.3	Hasil Keseluruhan Analisis Pasang Surut Antara μ -TAPS Dengan JUPEM dan TLDM	131
6.4	Perbandingan Hasil Ramalan Pasang Surut	132
6.4.1	Perbandingan Hasil Ramalan Pasang Surut Antara μ -TAPS Dengan JUPEM	132
6.4.1.1	Perbandingan Hasil Ramalan Pasang Surut Antara μ -TAPS Dengan JUPEM Bagi Stesen Pasang Surut Pulau Langkawi	133
6.4.1.2	Perbandingan Hasil Ramalan Pasang Surut Antara μ -TAPS Dengan JUPEM Bagi Stesen Pasang Surut Pelabuhan Klang	135

6.4.1.3	Perbandingan Hasil Ramalan Pasang Surut Antara μ -TAPS Dengan JUPEM Bagi Stesen Pasang Surut Johor Bahru	137
6.4.1.4	Perbandingan Hasil Ramalan Pasang Surut Antara μ -TAPS Dengan JUPEM Bagi Stesen Pasang Surut Geting	139
6.4.2	Perbandingan Hasil Ramalan Pasang Surut Antara μ -TAPS Dengan TLDM	141
6.4.2.1	Perbandingan Hasil Ramalan Pasang Surut Antara μ -TAPS Dengan TLDM Bagi Stesen Pasang Surut Pulau Langkawi	142
6.4.2.2	Perbandingan Hasil Ramalan Pasang Surut Antara μ -TAPS Dengan TLDM Bagi Stesen Pasang Surut Pelabuhan Klang	144
6.4.2.3	Perbandingan Hasil Ramalan Pasang Surut Antara μ -TAPS Dengan TLDM Bagi Stesen Pasang Surut Johor Bahru	146
6.4.2.4	Perbandingan Hasil Ramalan Pasang Surut Antara μ -TAPS Dengan TLDM Bagi Stesen Pasang Surut Geting	148
6.4.3	Analisis Hasil Keseluruhan Ramalan Pasang Surut μ -TAPS	149
6.5	Analisis Bagi Memperolehi Datum Carta Menggunakan Data Cerapan Minimum	151
6.5.1	Ujian Hasil Analisis Menggunakan Data Cerapan 15 Hari	152
6.5.1.1	Ujian Hasil Analisis Menggunakan	

	Data Cerapan 15 Hari Pada Bulan Mac Bagi Pantai Barat dan Timur	153
6.5.1.2	Ujian Hasil Analisis Menggunakan Data Cerapan 15 Hari Pada Bulan September Bagi Pantai Barat dan Timur	154
6.5.1.3	Ujian Hasil Analisis Menggunakan Data Cerapan 15 Hari Pada Bulan Disember Bagi Pantai Barat dan Timur	156
6.5.1.4	Hasil Keseluruhan Bagi Analisis Pasang Surut Menggunakan Data Cerapan 15 Hari	157
6.5.2	Ujian Hasil Analisis Menggunakan Data Cerapan Satu Bulan	157
6.5.2.1	Ujian Hasil Analisis Menggunakan Data Cerapan Satu Bulan Pada Bulan Mac Bagi Pantai Barat dan Timur	158
6.5.2.2	Ujian Hasil Analisis Menggunakan Data Cerapan Satu Bulan Pada Bulan Jun Bagi Pantai Barat dan Timur	159
6.5.2.3	Ujian Hasil Analisis Menggunakan Data Cerapan Satu Bulan Pada Bulan September Bagi Pantai Barat dan Timur	161
6.5.2.4	Ujian Hasil Analisis Menggunakan Data Cerapan Satu Bulan Pada Bulan Disember Bagi Pantai Barat dan Timur	162
6.5.2.5	Hasil Keseluruhan Analisis Pasang Surut Menggunakan	

	Data Cerapan Satu Bulan	163
6.5.3	Ujian Hasil Analisis Menggunakan Data Cerapan Tiga Bulan	164
6.5.3.1	Ujian Hasil Analisis Menggunakan Data Cerapan Tiga Bulan (Januari hingga Mac) Bagi Pantai Barat dan Timur	165
6.5.3.2	Ujian Hasil Analisis Menggunakan Data Cerapan Tiga Bulan (April hingga Jun) Bagi Pantai Barat dan Timur	166
6.5.3.3	Ujian Hasil Analisis Menggunakan Data Cerapan Tiga Bulan (Julai hingga September) Bagi Pantai Barat dan Timur	168
6.5.3.4	Ujian Hasil Analisis Menggunakan Data Cerapan Tiga Bulan (Oktober hingga Disember) Bagi Pantai Barat dan Timur	169
6.5.3.5	Hasil Keseluruhan Analisis Pasang Surut Menggunakan Data Cerapan Tiga Bulan	170
6.5.4	Ujian Hasil Analisis Menggunakan Data Cerapan Enam Bulan	171
6.5.4.1	Ujian Hasil Analisis Menggunakan Data Cerapan Enam Bulan (Januari hingga Jun) Bagi Pantai Barat dan Timur	172
6.5.4.2	Ujian Hasil Analisis Menggunakan Data Cerapan Enam Bulan (Julai hingga Disember) Bagi Pantai Barat dan Timur	173
6.5.4.3	Hasil Keseluruhan Analisis Pasang Surut Menggunakan	

	Data Cerapan Enam Bulan	174
6.5.5	Ujian Hasil Analisis Menggunakan Data Cerapan Satu Tahun	175
6.6	Kesimpulan	179
7	KESIMPULAN DAN CADANGAN	181
7.1	Pendahuluan	181
7.2	Kesimpulan Kajian	182
7.2.1	Pembangunan Pengaturcaraan μ -TAPS	182
7.2.2	Penentuan Datum Carta Optima Bagi Pengukuran Hidrografi Menggunakan Data Cerapan Tempoh Pendek	184
7.2.3	Fenomena Dan Jenis Pasang Surut Semenanjung Malaysia	185
7.3	Cadangan	186
7.4	Penutup	187
	SENARAI RUJUKAN	288
	LAMPIRAN A - E	191 - 217

SENARAI JADUAL

NO. JADUAL	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Aras-aras laut yang berlaku secara umum	23
2.2	Aras-aras laut yang berlaku bagi pasang surut harian	24
2.3	Aras-aras laut yang berlaku bagi pasang surut setengah harian	24
2.4	Parameter bumi, bulan dan matahari	39
3.1	Contoh nilai Bilangan Doodson	68
4.1	Spesifikasi tolok pasang surut <i>Valeport</i>	83
4.2	Spesifikasi tolok pasang surut <i>Global Water</i>	84
6.1	Perbezaan datum carta (ISLW), jenis pasang surut dan sisihan piawai bagi stesen pasang surut Pulau Langkawi	121
6.2	Perbezaan nilai juzuk utama bagi stesen pasang surut Pulau Langkawi	121
6.3	Perbezaan datum carta (ISLW), jenis pasang surut dan sisihan piawai bagi stesen pasang surut Pelabuhan Klang	122
6.4	Perbezaan nilai juzuk utama bagi stesen pasang surut Pelabuhan Klang	122
6.5	Perbezaan datum carta (ISLW), jenis pasang surut dan sisihan piawai bagi stesen pasang surut Johor Bahru	123
6.6	Perbezaan nilai juzuk utama bagi stesen pasang surut Johor Bahru	123

6.7	Perbezaan datum carta (ISLW), jenis pasang surut dan sisihan piawai bagi stesen pasang surut Geting	124
6.8	Perbezaan nilai juzuk utama bagi stesen pasang surut Geting	124
6.9	Perbezaan datum carta (LAT), jenis pasang surut dan sisihan piawai bagi stesen pasang surut Pulau Langkawi	126
6.10	Perbezaan nilai juzuk utama μ -TAPS dengan TLDM bagi stesen pasang surut Pulau Langkawi	126
6.11	Perbezaan aras-aras laut antara μ -TAPS dengan TLDM bagi stesen pasang surut Pulau Langkawi	126
6.12	Perbezaan datum carta (LAT), jenis pasang surut dan sisihan piawai bagi stesen pasang surut Pelabuhan Klang	127
6.13	Perbezaan nilai juzuk utama μ -TAPS dengan TLDM bagi stesen pasang surut Pelabuhan Klang	127
6.14	Perbezaan aras-aras laut antara μ -TAPS dengan TLDM bagi stesen pasang surut Pelabuhan Klang	128
6.15	Perbezaan datum carta (LAT), jenis pasang surut dan sisihan piawai bagi stesen pasang surut Johor Bahru	129
6.16	Perbezaan nilai juzuk utama μ -TAPS dengan TLDM bagi stesen pasang surut Johor Bahru	129
6.17	Perbezaan aras-aras laut antara μ -TAPS dengan TLDM bagi stesen pasang surut Johor Bahru	129
6.18	Perbezaan datum carta (LAT), jenis pasang surut dan sisihan piawai bagi stesen pasang surut Geting	130
6.19	Perbezaan nilai juzuk utama μ -TAPS dengan TLDM bagi stesen pasang surut Geting	130
6.20	Perbezaan aras-aras laut antara μ -TAPS dengan TLDM bagi stesen pasang surut Geting	131
6.21	Hasil keseluruhan perbezaan hitungan	

	analisis pasang surut	131
6.22	Nilai perbezaan hasil ramalan μ -TAPS dengan JUPEM bagi stesen pasang surut Pulau Langkawi	135
6.23	Nilai perbezaan hasil ramalan μ -TAPS dengan JUPEM bagi stesen pasang surut Pelabuhan Klang	137
6.24	Nilai perbezaan hasil ramalan μ -TAPS dengan JUPEM bagi stesen pasang surut Johor Bahru	139
6.25	Nilai perbezaan hasil ramalan μ -TAPS dengan JUPEM bagi stesen pasang surut Geting	141
6.26	Nilai perbezaan hasil ramalan μ -TAPS dengan TLDM bagi stesen pasang surut Pulau Langkawi	143
6.27	Nilai perbezaan hasil ramalan μ -TAPS dengan TLDM bagi stesen pasang surut Pelabuhan Klang	145
6.28	Nilai perbezaan hasil ramalan μ -TAPS dengan TLDM bagi stesen pasang surut Johor Bahru	147
6.29	Nilai perbezaan hasil ramalan μ -TAPS dengan TLDM bagi stesen pasang surut Geting	149
6.30	Rumusan nilai perbezaan hasil ramalan μ -TAPS dengan JUPEM dan TLDM bagi empat stesen pasang surut	150
6.31	Hasil akhir bagi memperolehi datum carta optima menggunakan data cerapan satu bulan	164
6.32	Hasil akhir bagi memperolehi datum carta optima menggunakan data cerapan tiga bulan	171
6.33	Hasil akhir bagi memperolehi datum carta optima menggunakan data cerapan enam bulan	175
6.34	Hasil akhir bagi memperolehi datum carta optima menggunakan data cerapan satu tahun	177
6.35	Jenis pasang surut bagi 10 stesen menggunakan pembahagian jenis pasang surut menjadi empat berdasarkan nilai F yang dihasilkan μ -TAPS	178
6.36	Jenis pasang surut bagi 10 stesen menggunakan pembahagian jenis pasang surut menjadi dua berdasarkan nilai F yang dihasilkan μ -TAPS	178

SENARAI RAJAH

NO. RAJAH	TAJUK	MUKA SURAT
1.1	Carta alir menunjukkan pendekatan masalah penelitian	5
1.2	Carta alir menunjukkan metodologi kajian	8
2.1	Proses terjadinya pasang surut akibat pengaruh pergerakan bulan mengelilingi bumi	16
2.2	Pengaruh bulan pada deklinasi 20°	17
2.3	Jenis-jenis pasang surut	19
2.4	Aras-aras laut	23
2.5	Gelombang harmonik pembentuk gelombang pasang surut	27
2.6	Pergerakan bulan	29
2.7	Deklinasi orbit bulan dengan ekliptik	30
2.8	Keterlambatan 51 minit terbenamnya bulan dibandingkan matahari	31
2.9	Pergerakan matahari	32
2.10	Bulan siderius dan bulan ijtimak	33
2.11	Daya jana pasang surut	34
2.12	Daya satu partikel di permukaan bumi	35
2.13	Pusat graviti bersama antara bumi dan bulan	37
2.14	Gerakan bumi dan bulan pada pusat graviti bersama	38
2.15	Komponen vertikal dan horizontal daya jana pasang surut	39
3.1	Sukuan pada koordinat matematik	61
3.2	Perhitungan sudut waktu bulan	64

3.3	Konsep hitungan susulan fasa	73
4.1	Pancang pasang surut	78
4.2	Stesen-stesen pasang surut di Semenanjung Malaysia	80
4.3	Stesen-stesen pasang surut di Sabah dan Sarawak, Malaysia	80
4.4	Stesen pasang surut JUPEM di Kukup, Johor	81
4.5	Tolok pasang surut jenis DFT-1	81
4.6	<i>Valeport</i> model 740	82
4.7	<i>Global Water</i> jenis <i>WL15X WATER LEVEL LOGGER</i>	83
4.8	Deskripsi format data yang direkod oleh <i>Kyowa Shoko DFT-1 Floating Tide Gauge</i>	86
4.9	Deskripsi format data yang direkod oleh tolok pasang surut <i>Valeport</i>	87
4.10	Deskripsi format data yang direkod oleh tolok pasang surut <i>Global Water</i>	88
4.11	Deskripsi format data input pengaturcaraan μ -TAPS	89
5.1	Asas pembangunan pengaturcaraan μ -TAPS	92
5.2	Carta alir menu utama	93
5.3	Visual daripada menu utama	94
5.4	Carta alir menu analisis pasang surut	97
5.5	Visual menu analisis	98
5.6	Carta alir analisis dengan data cerapan minimum 15 hari	99
5.6.1	Lanjutan carta alir analisis dengan data cerapan minimum 15 hari	100
5.6.2	Lanjutan carta alir analisis dengan data cerapan minimum 15 hari	101
5.7	Visual Analisis 15 hari	102
5.8	Carta alir menu ramalan pasang surut	104
5.9	Visual menu ramalan pasang surut	105
5.10	Carta alir ramalan dengan juzuk hasil 15 hari cerapan	106

5.10.1	Lanjutan carta alir ramalan dengan juzuk hasil 15 hari cerapan	107
5.11	Visual sub menu ramalan pasang surut dengan juzuk hasil cerapan 15 hari	108
5.12	Carta alir menu penukaran data	109
5.13	Visual menu penukaran data	110
5.14	Carta alir penukaran format data <i>Valeport</i> ke μ -TAPS	111
5.15	Visual sub menu penukaran format data <i>Valeport</i> ke μ -TAPS	112
5.16	Hubungan menu-menu pada pengaturcaraan μ -TAPS	113
6.1	Graf perbandingan ramalan μ -TAPS dengan JUPEM bagi stesen pasang surut Pulau Langkawi	133
6.2	Graf perbezaan ramalan μ -TAPS dengan JUPEM bagi stesen pasang surut Pulau Langkawi	134
6.3	Graf perbandingan ramalan μ -TAPS dengan JUPEM bagi stesen pasang surut Pelabuhan Klang	135
6.4	Graf perbezaan ramalan μ -TAPS dengan JUPEM bagi stesen pasang surut Pelabuhan Klang	136
6.5	Graf perbandingan ramalan μ -TAPS dengan JUPEM bagi stesen pasang surut Johor Bahru	138
6.6	Graf perbezaan ramalan μ -TAPS dengan JUPEM bagi stesen pasang surut Johor Bahru	138
6.7	Graf perbandingan ramalan μ -TAPS dengan JUPEM bagi stesen pasang surut Geting	140
6.8	Graf perbezaan ramalan μ -TAPS dengan JUPEM bagi stesen pasang surut Geting	140
6.9	Graf perbandingan ramalan μ -TAPS dengan TLDM bagi stesen pasang surut Pulau Langkawi	142
6.10	Graf perbezaan ramalan μ -TAPS dengan TLDM bagi stesen pasang surut Pulau Langkawi	142
6.11	Graf perbandingan ramalan μ -TAPS dengan TLDM bagi stesen pasang surut Pelabuhan Klang	144
6.12	Graf perbezaan ramalan μ -TAPS dengan TLDM	

	bagi stesen pasang surut Pelabuhan Klang	144
6.13	Graf perbandingan ramalan μ -TAPS dengan TLDM bagi stesen pasang surut Johor Bahru	146
6.14	Graf perbezaan ramalan μ -TAPS dengan TLDM bagi stesen pasang surut Johor Bahru	146
6.15	Graf perbandingan ramalan μ -TAPS dengan TLDM bagi stesen pasang surut Geting	148
6.16	Graf perbezaan ramalan μ -TAPS dengan TLDM bagi stesen pasang surut Geting	148
6.17	Graf perbezaan aras-aras laut pantai barat Semenanjung untuk data 15 hari di bulan Mac	153
6.18	Graf perbezaan aras-aras laut pantai timur Semenanjung untuk data 15 hari di bulan Mac	153
6.19	Graf perbezaan aras-aras laut pantai barat Semenanjung untuk data 15 hari di bulan Sepetember	154
6.20	Graf perbezaan aras-aras laut pantai timur Semenanjung untuk data 15 hari di bulan September	155
6.21	Graf perbezaan aras-aras laut pantai barat Semenanjung untuk data 15 hari di bulan Disember	156
6.22	Graf perbezaan aras-aras laut pantai timur Semenanjung untuk data 15 hari di bulan Disember	156
6.23	Graf perbezaan aras-aras laut pantai barat Semenanjung untuk data bulan Mac	158
6.24	Graf perbezaan aras-aras laut pantai timur Semenanjung untuk data bulan Mac	158
6.25	Graf perbezaan aras-aras laut pantai barat Semenanjung untuk data bulan Jun	159
6.26	Graf perbezaan aras-aras laut pantai timur Semenanjung untuk data bulan Jun	160
6.27	Graf perbezaan aras-aras laut pantai barat Semenanjung untuk data bulan September	161
6.28	Graf perbezaan aras-aras laut pantai timur Semenanjung untuk data bulan September	161
6.29	Graf perbezaan aras-aras laut pantai barat	

	Semenanjung untuk data bulan Disember	162
6.30	Graf perbezaan aras-aras laut pantai timur	
	Semenanjung untuk data bulan Disember	163
6.31	Graf perbezaan aras-aras laut bagi pantai barat	
	Semenanjung untuk data cerapan tiga bulan (Januari-Mac)	165
6.32	Graf perbezaan aras-aras laut bagi pantai timur	
	Semenanjung untuk data cerapan tiga bulan (Januari-Mac)	165
6.33	Graf perbezaan aras-aras laut bagi pantai barat	
	Semenanjung untuk data cerapan tiga bulan (April-Jun)	166
6.34	Graf perbezaan aras-aras laut bagi pantai timur	
	Semenanjung untuk data cerapan tiga bulan (April-Jun)	167
6.35	Graf perbezaan aras-aras laut bagi pantai barat	
	Semenanjung untuk data cerapan tiga bulan (Julai-September)	168
6.36	Graf perbezaan aras-aras laut bagi pantai timur	
	Semenanjung untuk data cerapan tiga bulan (Julai-September)	168
6.37	Graf perbezaan aras-aras laut bagi pantai barat	
	Semenanjung untuk data cerapan tiga bulan (Oktober-Disember)	169
6.38	Graf perbezaan aras-aras laut bagi pantai timur	
	Semenanjung untuk data cerapan tiga bulan (Oktober-Disember)	170
6.39	Graf perbezaan aras-aras laut bagi pantai barat	
	Semenanjung untuk data cerapan enam bulan (Januari-Jun)	172
6.40	Graf perbezaan aras-aras laut bagi pantai timur	
	Semenanjung untuk data cerapan enam bulan (Januari-Jun)	172
6.41	Graf perbezaan aras-aras laut bagi pantai barat	
	Semenanjung untuk data cerapan enam bulan (Julai-Disember)	173
6.42	Graf perbezaan aras-aras laut bagi pantai timur	
	Semenanjung untuk data cerapan enam bulan (Julai-Disember)	174
6.43	Graf perbezaan aras-aras laut bagi pantai barat	

	Semenanjung untuk data cerapan satu tahun	176
6.44	Graf perbezaan aras-aras laut bagi pantai timur	
	Semenanjung untuk data cerapan satu tahun	176

SENARAI SIMBOL

a	-	Jejari bumi
A_r	-	Amplitud juzuk pasang surut
CD	-	Datum Carta
D	-	Bilangan hari dalam setahun pada pertengahan tempoh cerapan
F	-	<i>Form number</i>
f_r	-	Nilai pembetulan fasa
F_t	-	Daya tarikan
g	-	Nilai graviti
G	-	Pemalar daya tarikan
Go	-	Pusat graviti bersama bumi dan bulan
g_r	-	Susulan fasa
h	-	Longitud purata daripada matahari
h_t	-	Tinggi air cerapan
\hat{h}_t	-	Tinggi air sebenar
i	-	Nilai integer dari jumlah tahun lompat (<i>leap year</i>) dari tahun 1901 sehingga tahun ke Y
k_1	-	Bilangan bulat faktor pekali untuk t
k_2	-	Bilangan bulat faktor pekali untuk s
k_3	-	Bilangan bulat faktor pekali untuk h
k_4	-	Bilangan bulat faktor pekali untuk p
k_5	-	Bilangan bulat faktor pekali untuk N
k_6	-	Bilangan bulat faktor pekali untuk p'
K_m	-	Daya jana bulan
K_s	-	Daya jana matahari
m	-	Jisim

m_e	-	Jisim bumi
m_m	-	Jisim bulan
m_s	-	Jisim matahari
N	-	Longitud purata daripada nod menaik
p	-	Longitud purata titik <i>perigee</i> terhadap orbit bulan
p'	-	Longitud purata titik <i>perigee</i> terhadap orbit matahari
PS	-	Period sinodik
R	-	Jarak pusat bulan ke permukaan bumi
r_1	-	Jarak pusat bulan ke pusat bumi
r_2	-	Jarak pusat matahari ke pusat bumi
s	-	Longitud purata daripada bulan
So	-	Aras laut min dengan lama cerapan 18.6 tahun
t	-	Masa
T	-	Waktu abad julian yang bermula dari satu hari bulan Januari 1900
σ	-	Sisihan piawai
V_g	-	Fasa pasang surut keseimbangan dihitung dari Greenwich
Y	-	Tahun masihi pada waktu dilakukan cerapan
Zo	-	Aras laut min sementara
α_b	-	Jarak hamal dari bulan khayalan
δ	-	Deklinasi bulan
ζ	-	Tinggi pasang surut keseimbangan
θ	-	Deklinasi
θ_r	-	Fasa awalan
μ	-	Faktor pembetulan fasa bergantung pada posisi nod
τ	-	Waktu bulan di Greenwich
φ	-	Latitud pencerap
ω	-	Halaju juzuk pasang surut

SENARAI SINGKATAN

ALM	-	Aras Laut Min
APAM	-	Air Pasang Anak Min
APFT	-	Air Pasang Falak Tertinggi
APPM	-	Air Pasang Perbani Min
APRM	-	Air Pasang Rendah Min
APSM	-	Aras Pasang Surut Min
APTM	-	Air Pasang Tinggi Min
ASAM	-	Air Surut Anak Min
ASFT	-	Air Surut Falak Terendah
ASPM	-	Air Surut Perbani Min
ASRM	-	Air Surut Rendah Min
ASTM	-	Air Surut Tinggi Min
HAT	-	<i>Highest Astronomical Tide</i>
IHO	-	<i>International Hydrographic Organization</i>
ISLW	-	<i>Indian Spring Low Water</i>
JUPEM	-	Jabatan Ukur dan Pemetaan Malaysia
LAT	-	<i>Lowest Astronomical Tide</i>
MHHW	-	<i>Mean Higher High Water</i>
MHLW	-	<i>Mean Higher Low Water</i>
MHWN	-	<i>Mean High Water Neaps</i>
MHWS	-	<i>Mean High Water Springs</i>
MLHW	-	<i>Mean Lower High Water</i>
MLLW	-	<i>Mean Lower Low Water</i>
MLWN	-	<i>Mean Low Water Neaps</i>
MLWS	-	<i>Mean Low Water Springs</i>
MSL	-	<i>Mean Sea Level</i>

MTL	-	<i>Mean Tide Level</i>
TLDM	-	Tentera Laut Diraja Malaysia

SENARAI ISTILAH

Bahasa Melayu

Bahasa Inggeris

Afelion	<i>Aphelion</i>
Amplitud	<i>Amplitude</i>
Apogi	<i>Apogee</i>
Cerapan	<i>Observation</i>
Daya empar	<i>Centrifugal force</i>
Daya jana pasang surut	<i>Tide generating force</i>
Daya paduan	<i>Resultant force</i>
Daya tarik graviti	<i>Gravitational force</i>
Ekliptik	<i>Ecliptic</i>
Ekuinoks	<i>Equinox</i>
Equinoks musim bunga	<i>Vernal equinox</i>
Equinoks musim luruh	<i>Autumnal equinox</i>
Fasa bulan	<i>Phase of the moon</i>
Fasa	<i>Phase</i>
Graviti	<i>Gravity</i>
Halaju	<i>Velocity</i>
Hari siderius	<i>Sidereal day</i>
Hari suria	<i>Solar day</i>
Jadual pasang surut	<i>Tide table</i>
Julat pasang surut	<i>Tidal range</i>
Juzuk pasang surut	<i>Tidal constituents</i>
Juzuk perairan cetek	<i>Shallow water constituents</i>
Kaedah analisis admiralti	<i>Admiralty method of analysis of tide</i>
Kaedah Gerak Balik	<i>Response method</i>

Kaedah harmonik lanjutan	<i>Extended harmonic method</i>
Khatulistiwa jumanantara	<i>Celestial equator</i>
Latitud	<i>Latitude</i>
Longitud	<i>Longitude</i>
Nod menaik	<i>Ascending nodes</i>
Nod menurun	<i>Descending node</i>
Orbit bulan	<i>Lunar orbit</i>
Pancang pasang surut	<i>Tide pole</i>
Pasang surut anak	<i>Neap tide</i>
Pasang surut harian	<i>Diurnal tide</i>
Pasang surut keseimbangan	<i>Equilibrium tide</i>
Pasang surut perbani	<i>Spring tide</i>
Pasang surut separuh harian	<i>Semi diurnal tide</i>
Pelabuhan piawai	<i>Standard Port</i>
Perigee	<i>Perigee</i>
Perihelion	<i>Perihelion</i>
Ramalan pasang surut	<i>Tidal prediction</i>
Selisih perambatan	<i>Propagation error</i>
Sisihan piawai	<i>Standard deviation</i>
Solstis musim panas	<i>Summer solstice</i>
Solstis musim sejuk	<i>Winter solstice</i>
Sudut jam bulan	<i>Sidereal hour angle</i>
Sudutistiwa	<i>Declination</i>
Susulan fasa	<i>Phase lag</i>
Tahun lompat	<i>Leap year</i>
Tempoh panjang	<i>Long periode</i>
Titik awal hamal	<i>Fist point of Aries</i>
Varians	<i>Variance</i>
Waktu sidereus	<i>Sidereal time</i>
Waktu suria	<i>Solar time</i>

SENARAI LAMPIRAN

LAMPIRAN	TAJUK	MUKA SURAT
A	Perambatan Selisih Bagi Amplitud Dan Fasa	191
B	Bilangan Doodson dan Formula f serta μ	195
C	Hasil Hitungan Analisis Pasang Surut Secara Lengkap	199
D	Perambatan Selisih Bagi Setiap Juzuk	206
E	Jadual Ramalan μ -TAPS	213
F	Aras-Aras Laut Hasil Hitungan Analisis 15 Hari Hingga Satu Tahun Bagi 10 Stesen Pasang Surut di Perairan Semenanjung Malaysia	217

BAB 1

PENGENALAN

1.1 Latar Belakang

Laut merupakan 71 peratus daripada keseluruhan permukaan bumi. Fenomena ini sangat penting untuk di fikirkan supaya laut dapat memberi manfaat kepada manusia di permukaan bumi ini. Oleh itu, penyelidikan secara berterusan perlu dilakukan bagi memperolehi manfaat daripadanya. Hal ini adalah seiring dengan pembangunan sektor maritim yang menumpukan kepada penerokaan sumber alam semula jadinya. Terdapat pelbagai sumber alam semula jadi di dalam sektor maritim yang boleh dibangunkan termasuk perikanan, biologi, geologi, perhubungan laut, petroleum dan lain-lain lagi. Dalam melaksanakan pembangunan tersebut, penggunaan data geofizik, oseanografi dan meteorologi laut adalah menjadi satu keperluan penting dan bidang oseanografi merupakan bidang yang sangat penting dalam kegiatan pembangunan di pinggir pantai mahupun di luar pesisir pantai.

Menurut *Webster's New Collegiate Dictionary* (1981): " Oseanografi merupakan suatu ilmu yang berhubungan dengan maritim yang merangkumi aspek-aspek luas, kedalaman, sifat fizik, kimia, biologi dari air laut dan eksploitasi sumber alam semula jadinya". Sesuai dengan definisi tersebut, maka oseanografi dapat dibahagikan kepada:

- Oseanografi kimia
- Oseanografi fizik
- Oseanografi biologi
- Oseanografi geologi

Daripada pembahagian diatas, bahagian yang mempunyai hubungan dengan ilmu hidrografi adalah oseanografi fizik. Teori yang dipelajari dalam bidang ilmu oseanografi fizik lebih menitikberatkan pada sifat-sifat air laut dan dinamik air laut. Perkara-perkara yang melibatkan sifat-sifat air laut ialah seperti suhu, kemasinan dan ketumpatannya. Manakala perkara-perkara yang melibatkan dinamik air laut ialah bidang oseanografi yang melibatkan daya-daya yang mempengaruhi terjadinya fluktuasi air laut yang terdiri dari daya utama dan daya tambahan. Daya-daya utama itu adalah daya jana pasang surut dan daya pasang surut keseimbangan.

Pasang surut merupakan peristiwa naik-turunnya permukaan air laut yang disebabkan oleh dua faktor utama iaitu:

- Faktor elemen astronomi, yang melibatkan daya tarikan antara badan cakerawala terutama bulan dan matahari.
- Faktor elemen bukan astronomi, yang melibatkan arus, gelombang, angin, topografi dasar laut, gempa bumi dan lain-lainnya.

Kerana kedua-dua faktor di atas, maka nilai naik-turunnya permukaan air laut selalu berubah-ubah dan bergantung pada perubahan kedudukan dari badan cakerawala terhadap tempat melakukan cerapan pasang surut.

Cerapan pasang surut merupakan aktiviti yang penting pada bidang hidrografi dan oseanografi. Dalam penentuan kedalaman dasar laut, tentunya memerlukan suatu datum rujukan yang harus ditentukan, disebut datum carta. Begitu juga dengan pengukuran di darat, yang memerlukan rujukan ketinggian iaitu aras laut min. Kedua-dua rujukan tersebut dapat diperolehi dari kajian dan analisis dari pasang surut air laut. Dengan demikian jelas bahawa kajian mengenai pasang surut sangat

penting dan perlu difahami agar dapat menyokong kegiatan kejuruteraan di laut dan darat.

Berkaitan dengan pasang surut, umumnya bidang tugas yang dilakukan oleh seorang jurukur hidrografi meliputi:

- Cerapan pasang surut
- Analisis pasang surut
- Ramalan pasang surut

Cerapan pasang surut merupakan aktiviti mencatat tinggi rendah pasang surut yang terjadi dalam sela waktu tertentu. Daripada data tersebut selanjutnya dapat digunakan untuk melakukan perhitungan juzuk-juzuk pasang surut, menentukan jenis pasang surut dan aras laut min. Hasil analisis pasang surut akan dijadikan sebagai asas kepada perhitungan ramalan pasang surut, oleh sebab itu jelas bahawa kejituan ramalan pasang surut sangat bergantung pada kejituan perhitungan juzuk-juzuk yang dihasilkan oleh analisis pasang surut.

1.2 Pernyataan Masalah

Pasang surut adalah fenomena alam yang menggambarkan naik-turunnya permukaan air laut. Banyak pakar di luar negara sudah melakukan kajian mengenai pasang surut tetapi berlainan keadaannya di Malaysia.

Perisian analisis dan ramalan pasang surut yang digunakan selama ini adalah perisian yang dibuat oleh negara luar tanpa tahu kaedah perhitungan dan kaedah pengoperasian yang digunakan, ini sangat mungkin merupakan punca terlambatnya kita dalam mempelajari fenomena pasang surut khasnya bagi perairan Malaysia.

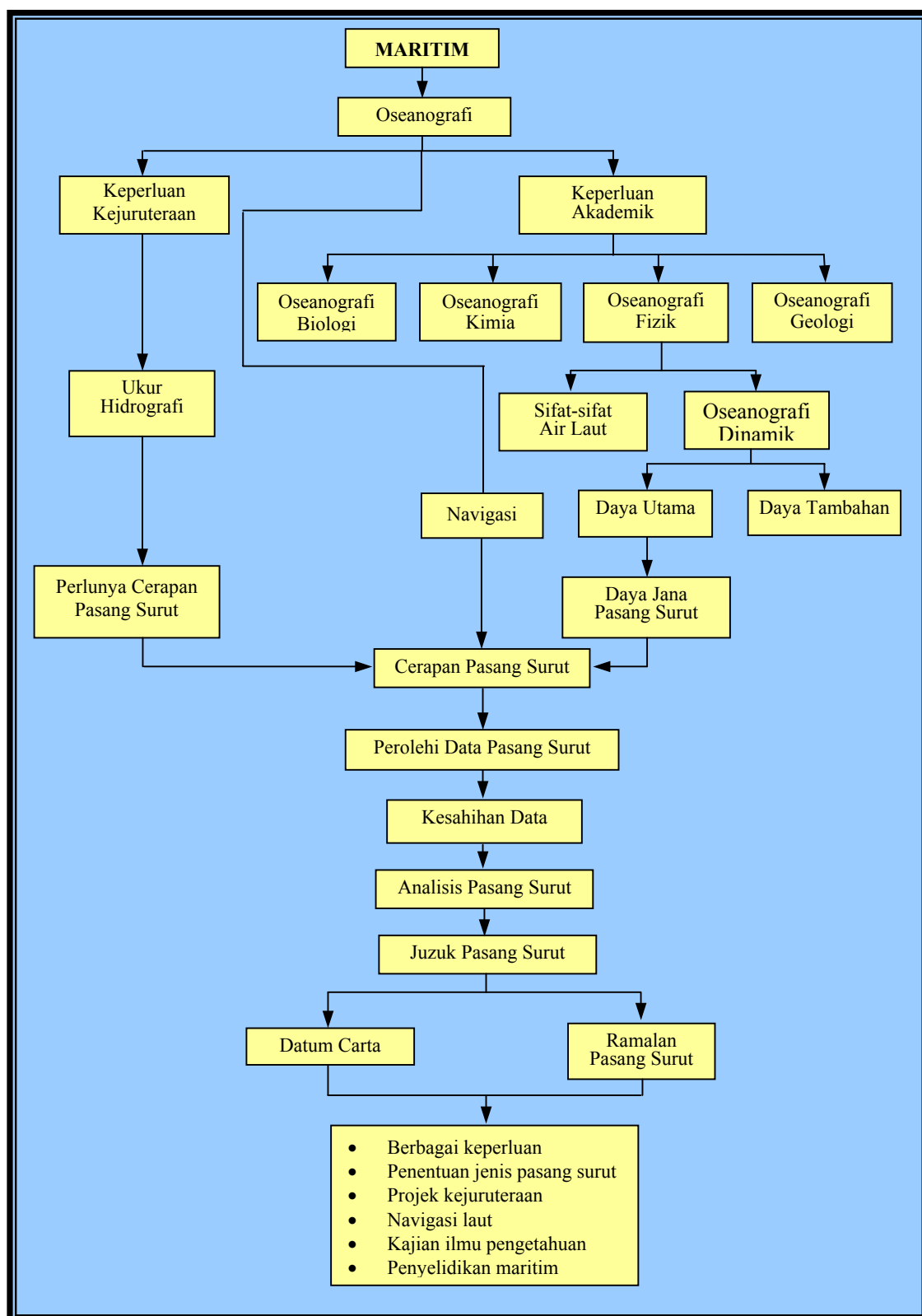
Bila dikaji dengan lebih mendalam, pihak yang selama ini bertanggung jawab terhadap analisis dan ramalan pasang surut seperti Tentera Laut Diraja Malaysia (TLDM) menggunakan perisian yang dibuat oleh University of Flinders, Australia

dan Jabatan Ukur dan Pemetaan Malaysia (JUPEM) menggunakan perisian yang dibuat oleh Jepun, mengakibatkan hanya pihak tertentu sahaja yang tahu cara pengoperasian perisian tersebut tanpa memahami konsep asas pembinaan perisiannya.

Dengan demikian jelas bahawa selama ini masih sangat bergantung pada perisian tersebut dalam memproses data cerapan pasang surut. Permasalahan yang cuba untuk dibongkar iaitu:

- Penguasaan teori pasang surut dengan lebih mendalam dan sempurna.
- Pembangunan aturcara komputer sendiri hasil daripada penguasaan teori perhitungan, analisis, dan ramalan pasang surut.

Selain daripada itu, dengan pembangunan perisian tersebut diharapkan dapat dijadikan asas dan pemangkin bagi keperluan kajian, kejuruteraan dan keperluan lain yang berkait dengan pasang-surut seperti pengukuran dan ramalan pasang surut masa hadapan menggunakan *Global Positioning System* (GPS), penentuan garis pesisir (*shoreline*) untuk penentuan sempadan kawasan berdasarkan cerapan pasang surut yang jitu, dan masih banyak kepentingan lain yang memerlukannya. Tujuan terpenting adalah dapat membangunkan perisian tersebut bagi segala keperluan di masa hadapan tanpa bergantung lagi kepada perisian yang dibuat oleh negara luar. Sehubungan dengan permasalahan tersebut maka kajian ini perlu untuk melakukan pendekatan masalah seperti penjelasan carta alir berikut:



Rajah 1.1 Carta alir menunjukkan pendekatan masalah penelitian

1.3 Objektif Kajian

Objektif kajian adalah seperti berikut:

- (i) Mendalami prosedur hitungan analisis pasang surut dengan kaedah harmonik menggunakan pelarasan kuasa dua terkecil.
- (ii) Membangunkan pengaturcaraan komputer yang mampu untuk memproses data cerapan dengan kaedah analisis harmonik untuk menghasilkan juzuk-juzuk serta membuat ramalan pasang surut.
- (iii) Mengenal pasti tempoh cerapan minimum untuk memperolehi nilai juzuk-juzuk pasang surut yang optima dan penentuan datum carta yang cukup bagi pekerjaan hidrografi.

1.4 Skop Kajian

Skop kajian pada penyelidikan ini adalah sebagai berikut:

- (i) Mempelajari dan memahami secara mendalam analisis harmonik menggunakan kaedah pelarasan kuasa dua terkecil untuk analisis pasang surut bagi menghitung juzuk-juzuk pasang surut dan membuat ramalan pasang surut.
- (ii) Mendalami penentuan datum carta dan aras-aras air laut yang lain bagi rujukan kedalaman pengukuran batimetri.
- (iii) Membangun pengaturcaraan bagi perhitungan analisis dan ramalan pasang surut daripada data cerapan satu, tiga, enam, dua belas bulan dan data cerapan lebih dari satu tahun, serta dapat menentukan aras-aras air laut secara automatik berasaskan juzuk pasang surut yang telah diperolehi.
- (iv) Membuat perbandingan antara hasil pengaturcaraan yang telah dibangunkan dengan hasil perisian sedia ada di mana telah digunakan oleh Jabatan Ukur dan Pemetaan Malaysia (JUPEM) dan Tentara Laut

Diraja Malaysia (TLDM), serta melakukan analisis terhadap hasil perbandingan.

- (v) Mempelajari variasi tempoh cerapan pasang surut, sehingga dapat menentukan tempoh minimum cerapan untuk menghasilkan juzuk-juzuk pasang surut yang optima bagi penentuan datum carta untuk keperluan pekerjaan hidrogafi.
- (vi) Mempelajari fenomena dan jenis pasang surut di beberapa stesen pasang surut sedia ada di wilayah Semenanjung Malaysia.

1.5 Kepentingan Kajian

Antara kepentingan yang akan diperolehi daripada kajian ini adalah seperti berikut:

- (i) Hasil kajian akan menjadi rujukan yang jelas dan terperinci tentang kaedah melakukan perhitungan, analisis dan ramalan pasang surut khasnya kaedah harmonik menggunakan teknik pelarasan kuasa dua terkecil.
- (ii) Pengaturcaraan komputer yang telah dibangunkan bagi perhitungan analisis dan ramalan pasang surut dapat menjadi pemangkin kepada penyelidikan pasang surut di Malaysia pada masa hadapan.
- (iii) Pengaturcaraan analisis dan ramalan pasang surut dapat bermanfaat bagi kepentingan akademik mahupun komersial, serta menjadi permulaan pembangunan perisian integrasi analisis daripada komponen-komponen oseanografi yang lain iaitu: gelombang, arus, angin dan sebagainya.
- (iv) Dengan adanya pengaturcaraan tersebut dapat dijadikan asas pembangunan ramalan pasang surut masa hakiki menggunakan GPS-RTK.

1.6 Metodologi Kajian

Metodologi kajian dirancang berdasarkan kepada objektif dan skop kajian yang diterangkan sebelum ini. Rajah 1.2 menunjukkan carta alir daripada metodologi kajian yang telah digunakan untuk menyelesaikan penelitian ini.



Rajah 1.2 Carta alir menunjukkan metodologi kajian

Secara keseluruhan, metodologi kajian mengandungi beberapa peringkat kerja meliputi:

- (i) Kajian literatur
- (ii) Pemahaman kaedah dan formula
- (iii) Pembangunan pengaturcaraan
- (iv) Pengumpulan data
- (v) Pemprosesan data

- (vi) Keputusan dan analisa
- (vii) Kesimpulan dan cadangan

1.6.1 Kajian Literatur

Berasaskan pada tujuan yang akan dicapai oleh penelitian ini, iaitu pembangunan pengaturcaraan pasang surut maka ada dua hal yang menjadi fokus untuk difahami meliputi: pertama, mendalami bahasa perisian yang digunakan untuk membangun pengaturcaraan dalam hal ini *Microsoft C++* dan *Borland C++ Builder*. Kedua, pemahaman kaedah analisis dan ramalan pasang surut yang dirancang dengan memperhitungkan kelebihan daripada teknik tersebut.

1.6.2 Pemahaman Kaedah dan Formula

Dalam kajian ini, penulis telah membaca pelbagai kaedah untuk perhitungan analisis dan ramalan pasang surut, menimbang kelebihan yang ditawarkan dan kemudian menetapkan kaedah analisis harmonik menggunakan teknik pelarasan kuasa dua terkecil. Sebelum membuat pengaturcaraan terlebih dahulu dilakukan pendalaman mengenai asal mula formula tersebut diturunkan sampai pada teknik penentuan tingkat kejituan daripada hasil hitungan. Setelah difahami terhadap semua permasalahan dan formula yang akan digunakan, disusun carta alir yang merangkumi urutan perhitungan, sehingga dapat menjadi rujukan yang jelas bagi pembangunan pengaturcaraan analisis dan ramalan pasang surut.

1.6.3 Pembangunan Pengaturcaraan

Pembangunan pengaturcaraan berasaskan pada carta alir yang telah dibuat. Dengan memperhatikan tujuan yang akan dicapai maka pengaturcaraan dibangun

atas tiga bahagian penting. Pertama adalah format data cerapan pasang surut, kerana setiap tolok ukur memiliki format yang berbeza-beza maka perlu diselaraskan dalam satu format, sehingga perlu ditetapkan format tersendiri dan membangun pengaturcaraan yang berkemampuan mengubah format data dari pelbagai alat tolok ukur pasang surut kepada format yang ditetapkan. Kedua, membangunkan pengaturcaraan yang mampu melakukan analisis data cerapan pasang surut dengan pelbagai tempoh cerapan. Ketiga, pembangunan pengaturcaraan yang berkemampuan menghasilkan ramalan pasang surut berdasarkan juzuk yang diperolehi dari analisis.

1.6.4 Pengumpulan Data

Dalam proses pengumpulan data, dibahagikan dalam dua bahagian meliputi pertama, data pasang surut dengan tempoh cerapan panjang untuk beberapa stesen pasang surut yang sedia ada di Malaysia khususnya di Semenanjung, dalam hal ini diperolehi dari Jabatan Ukur dan Pemetaan Malaysia (JUPEM). Kedua, dengan memanfaatkan data tersebut diubah dalam bentuk variasi cerapan jangka pendek bagi pengujian-pengujian yang lain seperti rancangan dalam penyelidikan ini. Variasi data-data tersebut yang digunakan untuk menguji kesahihan daripada pengaturcaraan yang telah dibangunkan dan memenuhi skop kajian yang telah dirancang.

1.6.5 Pemprosesan Data

Merujuk kepada skop kajian yang akan dicapai, maka pemprosesan data dilakukan pada variasi data satu bulan, tiga bulan, enam bulan, satu tahun dan lebih daripada satu tahun. Pemprosesan dilakukan dengan menggunakan pengaturcaraan yang telah dibuat. Sebelum melakukan perbandingan hasil perhitungan dengan hasil perisian lain yang sedia ada, terlebih dahulu perlu diuji kesahihan daripada pengaturcaraan analisis mahupun ramalan pasang surut.

1.6.6 Keputusan dan Analisis

Dengan hasil pemprosesan yang dilakukan, maka analisis dibuat dengan memperhatikan tingkat kejituan hasil perhitungan bagi pelbagai variasi data, kecukupan tingkat kejituan untuk kepentingan pengukuran hidrografi dan yang paling penting adalah menganalisis kejituan pengaturcaraan berdasarkan kepada nilai sisihan piawai dan selisih perambatan yang diperolehi. Setelah semua aspek yang menjadi tujuan penelitian dirangkumi, maka dibuat keputusan daripadanya bagi hasil akhir penelitian yang telah dilakukan.

1.6.7 Kesimpulan dan Cadangan

Merujuk kepada keputusan-keputusan yang telah diperolehi, maka kesimpulan keseluruhan kajian telah dibentangkan dalam bahagian ini. Selanjutnya untuk meneruskan dan untuk menambah baik kajian tersebut di masa hadapan, dilengkapi juga cadangan pada akhir penulisan.

1.7 Kandungan Bab

Penelitian ini telah dilakukan dan ditulis dalam laporan yang mengandungi sembilan bab. Adapun kandungan daripada keseluruhan bab dan huraian sinopsis penulisan bagi kajian ini adalah sebagai berikut:

(i) Bab 1

Bab ini merangkumi latar belakang kajian, pernyataan masalah, objektif kajian, skop kajian, kepentingan kajian dan metodologi kajian.

(ii) Bab 2

Bab ini menjelaskan tentang sejarah singkat penelitian berkaitan dengan pasang surut, definisi, fenomena, datum carta dan aras-aras

laut. Selain daripada itu juga dijelaskan mengenai pelbagai kaedah perhitungan dan ramalan pasang surut, dimana kesemuanya adalah pengetahuan asas minimum yang perlu diketahui oleh jurukur hidrografi. Pada bahagian ini pula dijelaskan secara lengkap mengenai pengaruh bulan, matahari yang sangat dominan bagi terjadinya pasang surut. Daya jana dan pasang surut keseimbangan memberikan pembuktian secara matematik tentang konsep pengembangan kaedah analisis harmonik menurut Darwin dan Doodson.

(iii) Bab 3

Bab ini membincangkan tentang formula mengenai kaedah analisis harmonik menggunakan teknik pelarasan kuasa dua terkecil, bermula dari pembuatan model matematik hingga aplikasi dalam bentuk persamaan matrik. Di dalamnya juga menjelaskan perhitungan kejituan dari parameter yang dihasilkan iaitu sisihan piawai dan selisih perambatan kesalahan, dan selanjutnya akan dijelaskan secara lengkap mengenai pembetulan yang dilakukan terhadap amplitud dan fasa yang dihasilkan daripada perhitungan analisis harmonik mahupun ramalan pasang surut akibat pengaruh pergerakan bumi, bulan dan matahari, dimana faktor-faktor tersebut memberikan kesan kepada terjadinya pasang surut sesuai dengan keadaan daripada lokasi cerapan.

(iv) Bab 4

Bab ini memperkenalkan pelbagai alat tolok ukur pasang surut dan asas kerjanya. Di samping itu juga dijelaskan pelbagai format data dari setiap alat tolok ukur yang digunakan serta penentuan format khas bagi pengaturcaraan yang telah dibuat.

(v) Bab 5

Bab ini menjelaskan secara lengkap mengenai pembangunan pengaturcaraan meliputi: pembangunan menu utama, sub menu untuk penukaran format data, analisis dan ramalan pasang surut. Carta alir dari setiap pengaturcaraan dan visual menu dan sub menu juga dipaparkan.

(vi) Bab 6

Bab ini membincangkan hasil analisa dan hasil keseluruhan kajian. Analisa yang dibuat adalah berdasarkan pada skop kajian yang sedia ada untuk memenuhi tujuan daripada penelitian ini.

(vii) Bab 7

Bab terakhir ini mengandungi kesimpulan dan cadangan. Huraian yang dikandungi adalah bagi mengukuhkan hasil-hasil yang telah dicapai oleh penelitian dan beberapa cadangan untuk menambah baik kajian tersebut dimasa hadapan.

SENARAI RUJUKAN

- Abdul Hamid bin Mohd. Tahir (1990). *Unsur-Unsur Astronomi Praktik Untuk Kegunaan Ukur Tanah*, Unit Penerbitan Akademik Universiti Teknologi Malaysia, Skudai, Johor Darul Ta'zim.
- Abdul Kadir (2003). *Pemrograman C++*. Andi Offset, Yogyakarta.
- Ali M. et al (1997). *Diktat Kuliah Pasang Surut Air Laut*. Jurusan Meteorologi dan Geofisika ITB, Bandung: diktat.
- Andy Lazuardy.(1995). *Aliasing Dalam Penentuan Konstanta Pasut Menggunakan Metode Kuadrat Terkecil*. Jurusan teknik Geodesi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Bandung: Thesis Sarjana Teknik Geodesi,.
- Doodson, A.T. (1957). *The Analysis and Prediction of Tides in Shallow Water*. Liverpool Observatory and Tidal Institute: Extract from International Hydrographic Review, Special Publication 41.
- Dronkers J.J. (1975). *Tidal Theory and Computation*. New York San Francisco London: Advances in Hydrosience, Vol 10, Academic Press, Inc.
- Dronkers, J.J. (1964). *Tidal Computation in River and Coastal Water*. Amsterdam: North-Holland Publishing Company.
- Easton, A.K. (1977). *Selected Programs for Tidal Analysis and Prediction*. The Flinders Institute for Atmospheric and Marine Science, Flinders University, Bedford Park, South Australia: Computing Report No.9.
- Gordin (1972). *The Analysis of Tides*. University of Toronto: Press ISBN 0-8020-1747-9.

- Hydrographic Department (1969). *Tides and Tidal Stream*. The Hydrographer of Navy, United Kingdom: Admiralty Manual of Hydrographic Surveying Chapter 2, Volume 2.
- Hydrographic Department (1981). *Physical Oceanographic Survey Course*. Japan: Group Training Course In Hydrographic Services.
- IHO Tidal Committee (2003). Feedback on Transition to LAT / HAT. Circular Letter 55/2003, IHB File No. S3/1401/WG.
- Ihwan M. (1998). *Penurunan Konstanta Harmonik Dari Teori Pasut Laut*. Jurusan Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Bandung: Thesis Sarjana Teknik Geodesi.
- Imam Heryanto dan Budi Raharjo (2003). *Pemrograman Borland C++ Builder*. Informatika, Bandung
- Ingham, A.E. (1975). *Sea Surveying*. Department of Land Surveying, North East London Polytechnic London: John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Jabatan Ukur dan Pemetaan Malaysia (2000). *Jadual Ramalan Pasang Surut Malaysia*, Kuala Lumpur.
- Jabatan Ukur dan Pemetaan Malaysia (2005). *Jadual Ramalan Pasang Surut Malaysia*, Kuala Lumpur.
- Leinecker, R.C. and Archer, T. et al (1998). *Visual C++ 6 Bible*. IDG Books Worldwide, Inc. An International Data Group Company, Foster City, CA.
- Mohd Razali Mahmud and Hery Purwanto (2004). The Determination of Tidal Constituents and Prediction Based on Short Observation Period. *International Symposium and Exhibition on Geoinformation 2004 (ISG2004) Proceeding*. September 21-23, Kuala Lumpur.

- Perbani N.M.R.C.(1993). *Penggunaan Analisis Spektral Untuk Menentukan Konstanta Pasut*. Jurusan Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Bandung: Thesis Sarjana Teknik Geodesi.
- Pugh, D.T. (1987). *Tides, Surges and Mean Sea-Level*. Natural Environment Research Council Swindon, U.K.: John Wiley & Sons.
- Shipley, M.A. (1967). Recent Developments in Tidal Analysis in South Africa. *The Symposium on tides. The International Hydrographic Bureau (1967) Proceeding*. April 28-29. Monaco.
- Shu, J.J. (2003). *Prediction and Analysis of Tides and Tidal Currents*. International Hydrographic Review: Vol. 4 No. 2 (New Series) August 2003.
- Suyarso, O.S.R.O. (1989). *Pasang Surut*. Jakarta: Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanografi ISBN:979-8105-00.
- Tentera Laut Diraja Malaysia (2005). *Jadual Pasang Surut Malaysia Jilid 1*. Tentera Laut Diraja Malaysia, Kuala Lumpur.
- van Ette, A.C.M. and Schoemaker, H.J. (1967). Harmonic analyses of tides-essential features and disturbing influences. *The Symposium on tides. International Hydrographic Bureau (1967) Proceeding*. April 28-29. Monaco.
- Wolf, R.P. (1997). *Adjusment Computation, Statistic and Least Squares in Surveying and GIS*. John Wiley & Sons, Inc. New York.